Nordseesturmfluten im Klimawandel

Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums Geesthacht fassen aktuellen Forschungsstand zusammen



Klima NORDDEUTSCHES büro

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.COM

Das Norddeutsche Klimabüro (www.norddeutsches-klimabüro.de) bündelt für Sie Klimainformationen speziell für Norddeutschland und bereitet diese bedarfsgerecht und verständlich auf. Unser Informations- und Beratungsangebot wird bereits in Politik, Planung und Wirtschaft angenommen. Mit dieser Broschüre möchten wir Sie über den aktuellen Forschungsstand zum Thema der Nordseesturmfluten im Klimawandel informieren. →

Nordseesturmfluten im Klimawandel

Anlässlich einer Anhörung des Schleswig-Holsteinischen Landtages zur Zukunft des Küstenschutzes fassen Wissenschaftler des Instituts für Küstenforschung am Helmholtz-Zentrum Geesthacht den aktuellen Forschungsstand zu möglichen Entwicklungen von Nordseesturmfluten im Klimawandel zusammen:

Bisher hat sich der vom Menschen verursachte Klimawandel kaum auf die Nordseesturmfluten ausgewirkt. Künftig können sie jedoch höher auflaufen. Bis 2030 ist der derzeitige Küstenschutz an der Nordsee fast genauso wirksam wie heute. Bis Ende des Jahrhunderts kann jedoch Handlungsbedarf entstehen, denn bis dahin können Sturmfluten drei bis elf Dezimeter höher auflaufen als heute.

Wie sich küstennahe Prozesse wie Gezeiten, Sedimentation und wasserbauliche Maßnahmen auf Wasserstände in der Deutschen Bucht auswirken können, muss noch erforscht werden.

Bis Ende des Jahrhunderts können Sturmfluten drei bis elf Dezimeter höher auflaufen als heute

Bisher fallen Sturmfluten nur durch den Meeresspiegelanstieg höher aus

Wie stark sich Sturmfluthöhen an der deutschen Nordseeküste ändern, hängt in erster Linie vom Meeresspiegelanstieg und vom Windklima in der Deutschen Bucht ab (vgl. Abb. 1)[1]. Die Windverhältnisse haben sich über der Nordsee mit dem Klimawandel bisher nicht systematisch verändert. Sowohl Wind- als auch Luftdruckmessungen zeigen vielmehr, dass Stärke und Häufigkeit der Nordseestürme im letzten Jahrhundert starken Schwankungen unterlagen. Diese liegen jedoch im normalen Bereich. Eine Sturmsaison bringt heute weder heftigere noch häufigere Stürme in der Deutschen Bucht hervor als zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Dementsprechend laufen Sturmfluten heute windbedingt nicht höher auf als vor hundert Jahren.

Der Meeresspiegel ist in den letzten hundert Jahren weltweit durchschnittlich etwa zwei Dezimeter angestiegen. Auch der Meeresspiegel in der Nordsee hat mit dieser Entwicklung ungefähr Schritt gehalten. Durch das höhere Ausgangsniveau des mittleren Meeresspiegels laufen auch die Sturmfluten in der Nordsee durchschnittlich etwa zwei Dezimeter höher auf als vor hundert Jahren.

[1] Folgende Faktoren beeinflussen neben dem globalen Meeresspiegelanstieg und den Windverhältnissen über der Deutschen Bucht die Sturmflutwasserstände in der Deutschen Bucht:

1. der regionale und lokale mittlere Meeresspiegel,
2. der Luftdruck und die Zyklonenzuggeschwindigkeit,
3. der Wellenauflauf,
4. das Gezeitenregime und
5. die küstennahe Topographie.



Meteorologisch bedingter Wasserstandsanteil

Sturmflutwasserstände, Sturmflutseegang, Wellenauflauf am Deich.

Beeinflussung durch Windklima.

Regionaler Meeresspiegel

Regionale Abweichungen vom globalen mittleren Meeresspiegel.

Beeinflussung durch ozeanische Zirkulation.

Globaler mittlerer Meeresspiegel

Volumen der Ozeane.

Änderungen z.B. durch thermische Ausdehnung,

Abschmelzen kontinentaler Eismassen.

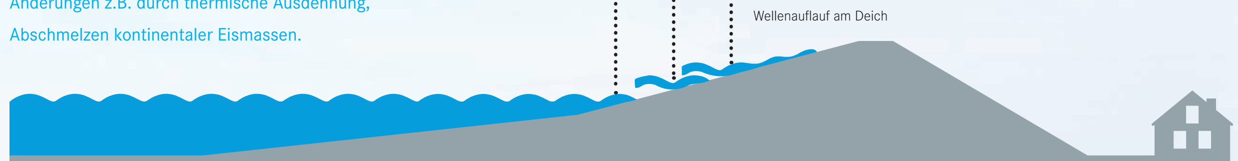


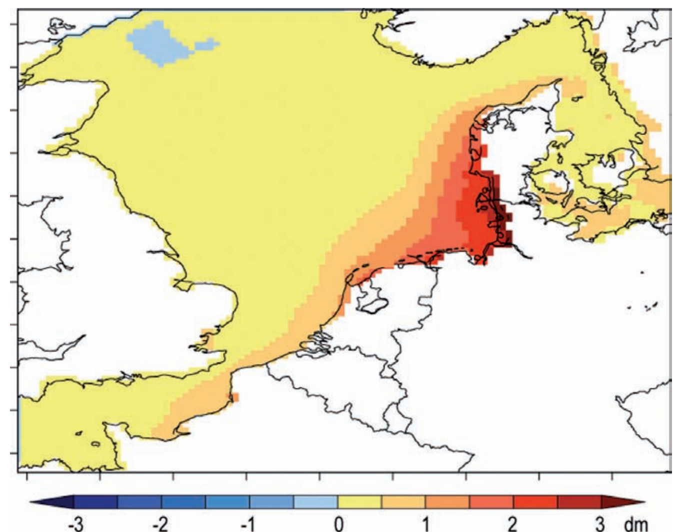
Abb. 1: Schematische Darstellung der Faktoren, die Sturmflutwasserstände beeinflussen können. Änderungen im globalen und regionalen Meeresspiegel beeinflussen sowohl die mittleren als auch die Sturmflutwasserstände. Änderungen im Windklima und Wellenauflauf sind dagegen nur für die Sturmflut-wasserstände von Bedeutung.



Bis 2030 ist der aktuelle Küstenschutz an der Nordsee ungefähr noch so wirksam wie heute, denn bis dahin werden Sturmfluten voraussichtlich „nur“ ein bis drei Dezimeter höher auflaufen als heute. Bis Ende des Jahrhunderts kann durch die erhöhten Sturmflutwasserstände allerdings Handlungsbedarf entstehen. Bis dahin müssten Küstenschutzmaßnahmen angepasst werden. Küstenbewohnern muss das Sturmflutrisiko bewusster werden, damit sie ihre Lebensbereiche vor möglichen Beeinträchtigungen schützen.



In Zukunft können zusätzlich stärker werdende Stürme Sturmflutwasserstände erhöhen



Windbedingt können Nordseesturmfluten Ende des Jahrhunderts (2071-2100) ein bis drei Dezimeter höher auflaufen als heute (1961-1990). Dazu kommen bis zum Ende des Jahrhunderts noch zwei bis acht Dezimeter Meeresspiegelanstieg. Insgesamt können Sturmfluten in der Deutschen Bucht dann drei bis elf Dezimeter höher auflaufen als heute.

Quelle: Woth 2005

Klimarechnungen für die Zukunft weisen darauf hin, dass der Meeresspiegel weltweit künftig stärker ansteigen kann als bisher. In den letzten Jahrzehnten ist der globale Meeresspiegel durchschnittlich bereits stärker angestiegen als zu Beginn des letzen Jahrhunderts. Würde man die derzeitige Anstiegsrate auf hundert Jahre linear fortschreiben, läge der Meeresspiegelanstieg bei etwa drei Dezimeter. Der UN Klimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) erwartet bis Ende des 21. Jahrhunderts einen Meeresspiegelanstieg von etwa zwei bis sechs Dezimeter. Das bedeutet, dass sich die durchschnittliche bisherige Anstiegsrate des letzten Jahrhunderts (zwei Dezimeter) im nächsten Jahrhundert verdreifachen kann, mindestens aber gleich bleibt. Bis 2030 könnte der Meeresspiegel im weltweiten Durchschnitt verglichen zu heute etwa ein bis zwei Dezimeter ansteigen. Außerdem können sich Prozesse in den großen Eisschilden Grönlands und der Antarktis so verstärken, dass sie den globalen Meeresspiegel zusätzlich ansteigen lassen. Insgesamt ist dann laut IPCC ein weltweiter Meeresspiegelanstieg von zwei bis acht Dezimetern bis zum Ende des 21. Jahrhunderts plausibel.

Obwohl sich das Windklima über der Nordsee bisher nicht systematisch geändert hat, weisen Klimarechnungen für die Zukunft darauf hin, dass die Nordseestürme im Winter stärker werden können. Dies gilt vor allem für Stürme aus westlichen und nördlichen Richtungen. Hauptsächlich Stürme aus diesen Richtungen stauen auch die Wassermassen an der deutschen Nordseeküste auf. Modellrechnungen weisen darauf hin, dass Sturmflutwasserstände windbedingt bis zum Ende des Jahrhunderts höher auflaufen können. Die Wissenschaftler am Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht erarbeiten derzeit weitere Szenarien für künftige windbedingte Änderungen von Sturmflutwasserständen in der Nordsee. Die aktuellen Ergebnisse haben die bisherige Spannbreite von einem bis drei Dezimeter bestätigt, um die Sturmflutwasserstände an der Nordseeküste bis Ende des Jahrhunderts höher auflaufen können.

Geht man nun davon aus, dass der Meeresspiegelanstieg an der deutschen Nordseeküste auch künftig etwa dem durchschnittlichen globalen Meeresspiegelanstieg entspricht, wird auch das Ausgangsniveau der Nordseesturmfluten in Zukunft weiter ansteigen. Zusammen mit einem veränderten Windklima können Nordseesturmfluten bis zum Ende des Jahrhunderts dann insgesamt etwa drei bis elf Dezimeter höher auflaufen als heute.

Bis 2030 ist der aktuelle Küstenschutz an der Nordsee ungefähr noch so wirksam wie heute, denn bis dahin werden Sturmfluten voraussichtlich „nur“ ein bis drei Dezimeter höher auflaufen als heute. Bis Ende des Jahrhunderts kann durch die erhöhten Sturmflutwasserstände allerdings Handlungsbedarf entstehen. Bis dahin müssten Küstenschutzmaßnahmen angepasst werden. Küstenbewohnern muss das Sturmflutrisiko bewusster werden, damit sie ihre Lebensbereiche vor möglichen Beeinträchtigungen schützen.

Küstennahe Prozesse müssen noch genauer untersucht werden

Die Wissenschaftler am Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht fokussieren ihre Forschung auf das Küstenklima und hier insbesondere auf Stürme, Sturmfluten und Seegang.

Die Angaben über die künftigen Änderungen für den Meeresspiegelanstieg stammen aus dem jüngsten Bericht des UN Klimarates IPCC 2007. Der Meeresspiegel kann jedoch in verschiedenen Regionen unterschiedlich stark ansteigen[2]. Beispielsweise können Änderungen der Ozeanzirkulation die Deutsche Bucht anders beeinflussen als den Golf von Mexiko. Außerdem können langfristige Änderungen im Luftdruck- und Schwerefeld der Erde zu unterschiedlichen Anstiegsraten des Meeresspiegels in verschiedenen Regionen führen. Die „Delta Commissie“ hat unter Mitarbeit von Wissenschaftlern am Institut für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht für die Niederlande ein regionales „worst case“ Szenario erarbeitet. Demnach ist ein Meeresspiegelanstieg von 13 Dezimetern bis zum Ende des 21. Jahrhunderts an der Niederländischen Küste nicht auszuschließen. Für die deutsche Nordseeküste ist der mögliche zukünftige Meeresspiegelanstieg bisher nicht regional abgeschätzt worden. Die Angaben zu den veränderten künftigen Sturmflutwasserständen können sich somit ändern, wenn es genauere Abschätzungen zum regionalen Meeresspiegelanstieg in der Deutschen Bucht gibt.

Wie hoch die Wellen dann tatsächlich am Deich auflaufen, wird neben dem Wasserstand auch durch den Seegang beeinflusst. Windbedingt liegen auch die bisherigen Änderungen des Seegangs im normalen Schwankungsbereich. In Verbindung mit den möglichen künftigen Änderungen des Windklimas kann sich der Seegang in der Deutschen Bucht während einer Sturmflut Ende des Jahrhunderts zwei bis fünf Dezimeter erhöhen. Wie genau sich demzufolge künftig der Wellenauflauf am Deich verändern kann, ist bisher aber nicht bekannt.

Neben dem Meeresspiegelanstieg und dem Windklima wirken sich außerdem die Gezeiten auf Sturmfluthöhen aus[3]. Innerhalb der Deutschen Bucht haben sie sich seit Mitte des letzten Jahrhunderts zum Teil stark verändert. Die Ursachen hierfür und die möglichen künftigen Veränderungen im Gezeitenregime sind bisher noch ungeklärt. Auch Form und Beschaffenheit des Untergrundes können Sturmflutwasserstände verändern. Insbesondere im Bereich der Elbe haben sich Sturmflutwasserstände in der Vergangenheit stärker erhöht als in anderen Regionen der Deutschen Bucht. Als Ursache kommen auch wasserbauliche Maßnahmen infrage. Fraglich ist außerdem, ob die küstennahe Sedimentation das Watt auch mit einem künftig möglicherweise stärkeren Meeresspiegelanstieg mitwachsen lässt. Wäre das nicht der Fall, würde sich dies neben den Folgen für das Ökosystem auch auf die Sturmfluthöhen auswirken können. Bevor mögliche künftige Änderungen durch den vom Menschen verursachten Klimawandel regional genauer abgeschätzt werden können, müssen noch viele einzelne Prozesse und Wechselwirkungen genauer verstanden werden.

Das Institut für Küstenforschung am Helmholtz-Zentrum Geesthacht wird mit seinem Großprojekt COSYNA (Coastal Observation System for Northern and Arctic Seas) zu diesem Verständnis beitragen. Mit COSYNA entsteht im Bereich der deutschen Nordsee ein umfassendes Beobachtungssystem zur wissenschaftlichen Analyse aktueller Prozesse und Wechselwirkungen des Küstenmeeres. Die Erkenntnisse werden dazu genutzt, Simulationsmodelle zu entwickeln, die physikalische, ökologische und biogeochemische Wechselwirkungen in der Nordsee beschreiben. Mit diesen Simulationsmodellen werden mittelfristig auch Szenarien zu möglichen künftigen Änderungen dieser küstennahen Prozesse erarbeitet werden können.

Für die Beratung von Entscheidungsträgern vor Ort steht das Norddeutsche Klimabüro am Helmholtz-Zentrum Geesthacht zur Verfügung, siehe www.norddeutsches-klimabuero.de

[2] Änderungen des regionalen und lokalen mittleren Meeresspiegels werden durch Umverteilung von Wassermassen bei konstantem Volumen verursacht, d.h. das globale Mittel dieser Änderungen ist Null.

[3] Änderungen im Gezeitenregime können z.B. dadurch erfolgen, dass sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gezeitenwelle aufgrund von Meeresspiegelschwankungen ändert. Aufgrund von Wechselwirkungen mit dem meteorologisch bedingten Anteil können solche Effekte Einfluss auf die Sturmflutwasserstände haben. Diese sind hauptsächlich im flachen Wasser von Bedeutung.

Wesentliche Faktoren, die Sturmflutwasserstände langfristig ändern können	Änderungen bisher (1907–2006)	Mögliche Änderungen bis 2030	Mögliche Änderungen bis 2100
Globaler mittlerer Meeresspiegelanstieg	→ ca. 2 dm	→ ca. 1–2 dm	→ ca. 2–8 dm
Meteorologisch bedingter Anteil des Sturmflutwasserstandes	→ keine	→ ca. 0–1 dm	→ ca. 1–3 dm
Regionaler und lokaler Meeresspiegelanstieg	→ ca. 2 dm	→ bisher unbekannt	→ bisher unbekannt
Wellenauflauf	→ keine	→ bisher unbekannt	→ bisher unbekannt
Gezeitenregime	→ regional sehr unterschiedlich	→ bisher unbekannt	→ bisher unbekannt
Topographie	→ regional sehr unterschiedlich	→ bisher unbekannt	→ bisher unbekannt

Tab. 1: Die Tabelle zeigt bisherige und mögliche künftige Änderungen von Faktoren, die Sturmflutwasserstände in der Deutschen Bucht beeinflussen können. Aussagen über bisherige Entwicklungen basieren auf Messungen, Aussagen über mögliche künftige Änderungen werden aus verschiedenen globalen und regionalen Klimarechenmodellen unter Annahme bestimmter künftig möglicher Treibhausgaskonzentrationen abgeleitet. Faktoren, für die es bisher noch keine entsprechenden Klimarechnungen gibt, wurden als „bisher unbekannt“ definiert.





Grundlage dieser Zusammenfassung sind folgende Publikationen:

→ Grabemann, I. and R. Weisse, 2008: Climate change impact on extreme wave conditions in the North Sea: an ensemble study, Ocean Dynamics, 58(3-4), 199-212, doi: 10.1007/s10236-008-0141-x.

→ Intergovernmental Panel of Climate Change(IPCC) : Climate Change 2007 - The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, (ISBN 978 0521 88009-1 Hardback; 978 0521 70596-7 Paperback).

→ Langenberg, H., A. Pfizenmayer, H. von Storch and J. Sündermann, 1999: Storm related sea level variations along the North Sea coast: natural variability and anthropogenic change. Cont. Shelf Res, 19, 821-842.

→ Rockel, B. and K. Woth, 2007: Future changes in near surface wind extremes over Europe from an ensemble of RCM simulations, Climate Change, doi: 10.1007/s10584-006-9227-y.

→ Vellinga, P., C. Katsman, A. Sterl, J. Beersma (ed.), 2008: Onderzoek naar bovengrensscenario's voor klimaatverandering voor overstromingsbescherming van Nederland. Internationale wetenschappelijke beoordeling. Uitgevoerd op verzoek van de Deltacommissie, Nederland, September 2008.

→ von Storch, H., G. Gönnert and M. Meine, 2008: Storm surges – an option for Hamburg, Germany, to mitigate expected future aggravation of risk, Env. Sci. Pol., doi: 11: 735-742, doi: 10.1016/j.envsci.2008.08.003.

→ von Storch, H. and K. Woth, 2008: Storm surges, perspectives and options, Sustainability Science 3, 33-44, doi: 10.1007/s11625-008-0044-2.

→ Weisse, R. and A. Plüß, 2006: Storm related sea level variations along the North Sea Coast as simulated by a high-resolution model 1958-2002, Ocean Dynamics, 56(1), 16-25, doi: 10.1007/s10236-005-0037-y.

→ Woth, K., 2005: Projections of North Sea storm surge extremes in a warmer climate: How important are the RCM driving GCM and the chosen scenario? Geophys Res Lett: 32, L22708, doi: 10.1029/2005GL023762.

Impressum

Herausgeber
Norddeutsches Klimabüro
Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Telefon 04152 87-1868
Telefax 04152 87-41868
www.norddeutsches-klimabuero.de

Verantwortlich
Dr. Insa Meinke
Leiterin des Norddeutschen Klimabüros

Dr. Ralf Weiße
Leiter der Abteilung Küstenklima

Prof. Dr. Hans von Storch
Leiter des Instituts für Küstenforschung

Gestaltung
Michael Fritz Kommunikationsdesign, Hamburg
mail@herr-fritz.de

Fotografie
Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Michael Fritz, Hamburg

Druck
Hausdruckerei des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

Gefördert durch:





Herausgeber

Norddeutsches Klimabüro
Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Telefon 04152 87-1868
Telefax 04152 87-41868
www.norddeutsches-klimabuero.de

HELMHOLTZ
GEMEINSCHAFT